

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra obrábění a montáže**

**NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY TVÁRNICE ZKUMAVEK**  
**PRODUCTION TECHNOLOGY PROPOSAL OF TUBE BLOCK**

**Student :**

**Tomáš Kotas**

**Vedoucí bakalářské práce :**

**doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

**Ostrava 2012**

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění a montáže

## Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Kotas**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh technologie výroby tvárnice zkumavek**  
**Production Technology Proposal of Tube Block**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky.
2. Technologie frézování forem.
3. Stávající technologie výroby formy.
4. Návrh nové technologie výroby formy.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábání, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábání, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [5] VASILKO, K.; HAVRILA, M.; MARCINCIN-NOVÁK, J.; MÁDL, J.; ZAJAC, J. *Top trendy v obrábání, III. část – Technologie obrábění*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 214 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [6] Studijní literatura na [www.346.vsb.cz](http://www.346.vsb.cz).

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20.5 2012

Tomáš Kotas

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 16. 4. 2012

Podpis ..... Tomáš Kotas

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Kotas

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Sokolská 293, Zlaté Hory 793 76

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Kotas, T. Návrh technologie výroby tvárnice zkumavek

katedra obrábění a montáže. VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2012

bakalářská práce, vedoucí doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

V zájmu této bakalářské práce je návrh nové technologie výroby formy na zkumavky pro firmu Paňák a.s. Dosavadní výroba byla ve firmě částečně zastaralá. To byl důvod proč navrhnout novou perspektivní technologii obrábění formy. Byly navrženy dvě varianty technologického postupu a také je zde uveden stávající postup. V této práci je dále popsána problematika frézování forem, pracovními pohyb při frézování, řezné podmínky a podstata frézování. Následně je rozebrán stávající technologický postup, navržení nové technologie a nových strojů pro firmu Paňák a.s. Jsou zde zahrnuty přínosy nové technologie pro další výrobu.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESES**

Kotas, T. Proposal for Technology of Production Blocks the Tubes

Department of Machining and Assembly. Faculty of Mechanical Engineering,

VSB – Technical University Ostrava, 2012

Head of the bachelor theses doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.

In the interest of my bachelor theses is the proposal for technology of production forms of tubes for Panak Company Inc. The present production was partially old-fashioned in the company. It was reason for the proposal for new advanced technology of machining form. It was suggested two variants of technological process and there is introduced current progress too. Further there is describing problems of routing forms, working movement of routing, cutting conditions and essence of routing in this thesis. Consequently it is describing current technological process, the purposal of new technology and machines for Panak Company Inc. There are included contributions of new technology for further production.

# OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>Obsah.....</b>	<b>1</b>
<b>Seznam použitého značení.....</b>	<b>3</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>5</b>
<b>Podstata bakalářské práce.....</b>	<b>6</b>
 <b>1. Úvod do problematiky frézování.....</b>	 <b>7</b>
1.1 Podstata frézování.....	7
1.2 Pracovní pohyb při frézování.....	9
1.3 Řezné podmínky .....	9
1.4 Silové poměry při frézování.....	12
 <b>2. Technologie frézování forem.....</b>	 <b>13</b>
2.1 Hrubování.....	13
2.2 Obrábění na čisto.....	15
2.3 Obrábění rohů.....	16
2.4 Najíždění a vyjíždění břitu nástroje z řezu.....	17
 <b>3. Stávající technologie výroby formy.....</b>	 <b>20</b>
3.1 Model tvárnice.....	20
3.2 Výběr typového představitele.....	21
3.3 Popis součásti.....	21
3.4 Popis materiálu součásti.....	21
3.4.1 Vhodnost použití materiálu.....	21
3.4.2 Chemické složení materiálu.....	21

3.4.3 Mechanické vlastnosti materiálu.....	22
3.4.4 Technologické údaje.....	22
3.5 Stávající technologický postup.....	23
3.6 Popis strojů stávající výroby.....	25
3.7 Popis nástrojů stávající výroby.....	26
3.8 Řezné podmínky.....	27
<b>4. Návrh nové technologie výroby formy.....</b>	<b>28</b>
4.1 První varianta.....	29
4.1.1 Volba obráběcího stroje.....	29
4.1.2 Technologický postup – první varianta.....	30
4.2 Druhá varianta.....	32
4.2.1 Volba obráběcího stroje.....	32
4.2.2 Současná obráběcí centra dle výrobců.....	33
4.2.3 Návrh CNC frézky.....	35
4.2.4 Technologický postup – druhá varianta.....	36
<b>5. Technicko-ekonomické zhodnocení.....</b>	<b>38</b>
5.1 Výrobní časy v technologických postupech.....	38
5.2 Výsledné porovnání se stávající a navrhovanou technologií.....	38
5.3 Výsledné porovnání se stávající a navrhovanou technologií z ekonomického hlediska.....	39
<b>6. Závěr.....</b>	<b>40</b>
<b>Použitá literatura.....</b>	<b>41</b>
<b>Poděkování.....</b>	<b>42</b>
<b>Seznam příloh.....</b>	<b>43</b>

## Seznam použitého značení:

<b>Značení</b>	<b>Význam</b>	<b>jednotka</b>
$a_p$	hloubka řezu	mm
CNC	počítačem řízený stroj	-
D	průměr	mm
F	výsledná síla	N
$F_z$	axiální složka síly	N
$F_y$	radiální složky síly	N
$F_H$	horizontální složku	N
$F_V$	vertikální složka	N
$f_n$	je délka dráhy obrobku	mm
$f_z$	posuv na zub	mm
HSC	vysokorychlostní obrábění	-
n	otáčky nástroje	$\text{min}^{-1}$
R	poloměr	mm
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti	Mpa
R <sub>e</sub>	Mez kluzu	Mpa
HRC	Tvrdost dle Rockwella	HRC
VB	velikost opotřebení	mm
VBD	vyměnitelná břitová destička	-
$v_c$	řezná rychlost	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$
n	otáčky	$\text{min}^{-1}$
z	počet zubů nástroje	-



$v_f$	posuvová rychlost	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
$h_i$	tloušťka třísky	mm
$\varphi_i$	úhel posuvového pohybu	°

## Úvod

Při navrhování nové technologie a její racionalizace je hlavním cílem dosažení co nejnižších výrobních nákladů a maximálního snížení výrobních nákladů.

Takového cíle lze dosáhnout využitím nových obráběcích center a novodobých způsobů řízení výroby v rámci podniku.

Snahou optimalizace jednotlivých operací je lepší využití času ve výrobě, a to je velkou prioritou firmy.

Správné vedení, rozbor postupů a nákladů vede k pořízování lepších nástrojů, zkvalitnění výroby a vhodným metodám obrábění.

Dnešní technologie obrábění je na tak vysoké úrovni, že materiály, se kterými se dá obrábět, dosahují výborných výsledků a předem stanovených postupů. S takovými přednostmi můžeme dosáhnout velkých výrobních užitků z výrobních možností.

## O společnosti

Na základě 30 leté praxe v oboru zpracování plastů založil v roce 1990 Miloslav Paňák svou vlastní firmu pod obchodním názvem „Miloslav Paňák“, od této doby firma úspěšně rozvíjí své aktivity.

Hlavním zaměřením firmy Paňák, která má 20 letou tradici ve výrobě lisovacích nástrojů a zpracováním plastů, je vývoj, výroba a montáž dílů z plastů. Cílem firmy je její neustálý rozvoj ve všech oblastech, posilování pozice na tuzemském i zahraničním trhu. Z dlouhodobého hlediska se snažíme klást velký důraz na zavádění nových technologií, inovací a kvality ve výrobě. Jedině tyto kroky mohou vést k naplnění rostoucích požadavků na plastové výrobky od zákazníků. Tyto činnosti jsou hlavně směřovány do automobilového, elektrotechnického, nábytkářského, reklamního a spotřebního průmyslu.

Firma se nachází ve Vrbně pod Pradědem, v kraji s bohatou plastikářskou tradicí, kde v současnosti zaměstnává na hlavní pracovní poměr cca 60 pracovníků v třísměnném provozu.

## **Podstata bakalářské práce**

Cílem práce je navrhnout technologii výroby tvárnice zkumavek a u této technologie navrhnout obráběcí stroje, aby došlo k větší produktivitě výroby.

K dosažení a vyhotovení bakalářské práce je nutnost provést:

- Rozbor stávajícího způsobu výroby tvárnice
- Technologie frézování forem
- Rozbor navrhovaného způsobu výroby tvárnice
- Porovnat hodnoty se stávající a nově vyhotovené (navržené) výroby z ekonomického hlediska pro firmu Paňák a.s.

# 1. Úvod do problematiky frézování

Frézování patří mezi jednu z velmi rozšířených metod obrábění, má jednu velkou přednost, a to je výkonnost při dobré kvalitě obrábění. Tuto metodu používáme většinou pro výrobu rovinných, rotačních, tvarových ploch. Nesmíme také opomenout také obrábění drážek profilů, závitů a obrábění šikmých ploch, rozdělování materiálu a v neposlední řadě obrábění ozubení.

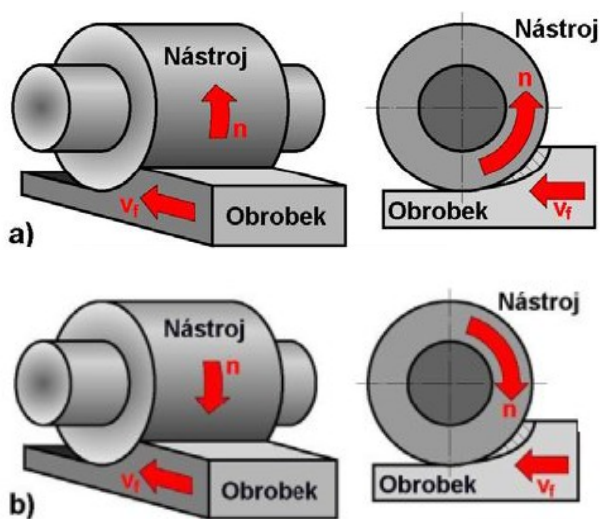
Tato přesná výroba a široká škála uplatnění zařadily frézování na významná místa ve strojírenské výrobě. [1]

## 1.1 Podstata frézování

Frézování je velmi účinná metoda obrábění, při které se materiál obrobku odebírá z rotujícího nástroje frézy. Posuv většinou vykonává součást ve směru kolmém na osu nástroje. U moderních strojů se dají posuvové pohyby měnit a dají se realizovat ve všech směrech. Takovému zařízení se říká CNC obráběcí centrum. Řezný proces je přerušovaný, protože každý zub odebírá krátké třísky různé délky.

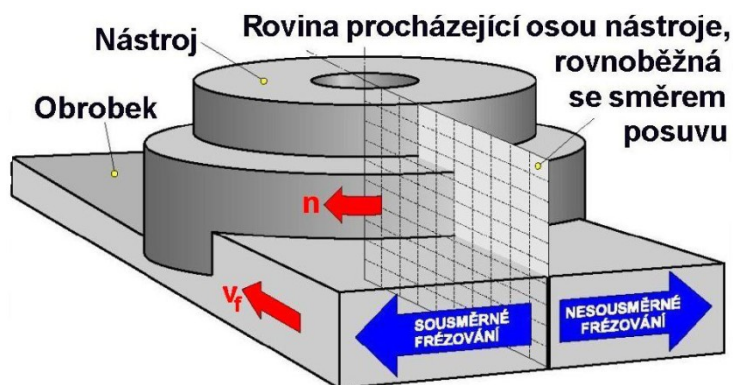
Z hlediska technologie rozlišujeme základní způsoby frézování: válcové a čelní. Od těchto základních způsobů se dále odvozují další, jako je například okružní a planetové frézování.

Frézování válcové – frézuje se obvodem nástroje a osa nástroje je rovnoběžná s obráběnou plochou. (obr. 1)



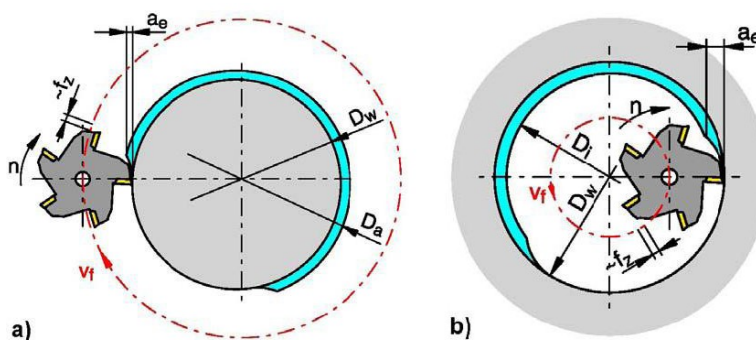
Obr. 1

Frézování čelní – frézuje se čelem nástroje a osa nástroje je kolmá na obráběnou plochu, hloubka řezu se nastavuje ve směru osy nástroje. (obr. 1.1)



Obr 1.1

Frézování planetové – frézování vnějších i vnitřních válcových ploch. (obr. 1.2)



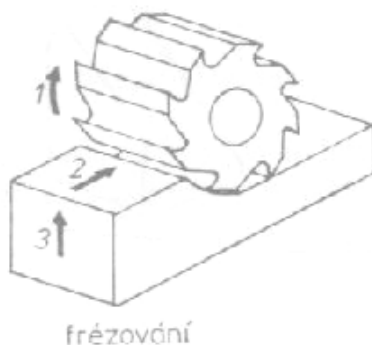
Frézování nesousledné – frézování, kdy se nástroj pohybuje proti pohybu posuvu obrobku, tříska se odebírá od nuly do maxima, materiál je nejprve stlačen a po té odebrán. Tříska je oddělována v okamžiku kdy tloušťka odřezávané vrstvy dosáhne určité velikosti. Důvodem je, že ostří frézy není hrana, ale velmi malá ploška o poloměru  $R = 8 - 30 \mu\text{m}$ . Při tomto použití obrábění je velké opotřebení bříty. (obr.1.2a)

Frézování sousledné – frézování kdy se nástroj pohybuje ve směru posuvu obrobku, tříska se odebírá z maxima do nuly. Stroj u takového obrábění musí být uzpůsoben tak, že vymezí vůle a předpětí mezi posuvovým šroubem a maticí stolu. Pokud není toto kritérium splněno, může dojít k poruše stroje nebo nástroje. (obr 1.2b) [1]

## 1.2 Pracovní pohyby při frézování

Při frézování se jedná v podstatě o tři pohyby: hlavní, vedlejší a nástroj vykonává přísuv.

Hlavním pohybem je otáčivý pohyb nástroje, vedlejší posuvný pohyb vykonává nejčastěji obrobek. Přísuv je zajištěn nastavením obrobku na hloubku řezu. (Obr. 1.3)



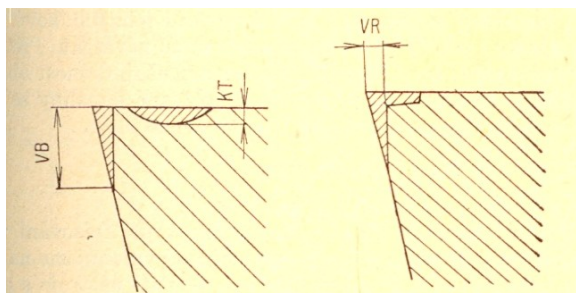
Obr. 1.3

1 – hlavní řezný pohyb, 2 – vedlejší řezný pohyb (posuv), 3 – přísuv

## 1.3 Řezné podmínky

Úroveň řezných podmínek, které volíme při frézování, závisí na charakteru a intenzitě opotřebení břitu použitých fréz. Tyto břity fréz pracují za podmínek přerušovaného řezu s různou tloušťkou třísky. Rázy na břit a kolísání teploty řezání způsobují, že kromě normálního otěru dochází také k trhlinám a vylamování drobných částí z břitu nástroje.

Charakter otupení na čele zubů bývá ve tvaru žlábků. Při menších řezných rychlostech bývá žlábek velmi malý, a proto se bere v úvahu opotřebení na hřbetě nástroje (obr. 1.4)



Obr. 1.4 Charakter otupení

Velikost opotřebení je dána typem a velikostí frézy a druhem řezného materiálu. Většinou se nacházíme v rozmezí  $VB = 0,1 - 0,8$  mm. Při překročení přípustné velikosti opotřebení je přestřování frézy nevhodné a neekonomické a snižujeme výrazně životnost. U nástrojů s vyměnitelnými břitovými destičkami, které se vůbec nepřestřují, se povoluje  $VB = 0,8 - 1,2$  mm. Často se otupené destičky použité z jemného frézování mohou použít při hrubování.

Hlavní cílem při volbě řezných podmínek je dosáhnout největšího úběru materiálu při hospodárné trvanlivosti nástroje. Jako příklad uvedu hospodárnou trvanlivost u rychlořezných čelních válcových fréz, která je zhruba 60 min a nejméně 30 min, u frézovacích hlav se slinutými karbidy fréz je zhruba 180 min, nejméně však 120 min.

Velikost hospodárné trvanlivosti ovlivňují náklady na strojní hodinu obráběcího stroje a řezivost nástrojového materiálu. Při vyšších řezivostech materiálu se snižuje hodnota hospodárné trvanlivosti.

Trvanlivost fréz a z části také kvalitu obrobeného povrchu lze zvýšit použitím řezných kapalin. Kapaliny uplatňujeme u nástrojů z rychlořezných ocelí. U lehkých kovů se mohou použít kapaliny pro odstranění nárůstků. U frézování mosazi, bronzu a mědi řezné kapaliny zmenšují drsnost obráběné plochy a zvětšují rozměrovou přesnost. Nejčastěji jako řezné kapaliny se používají olejové emulze nebo minerální aktivované oleje. [2]

U frézování pro zjednodušení se předpokládá za **řeznou rychlost**  $v_c$  obvodová rychlost nástroje:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$$

D – průměr nástroje [mm],

n – otáčky nástroje [ $\text{min}^{-1}$ ].

**Posuv na zub**  $f_z$  [mm] je základní jednotkou pohybu posuvu. Je to délka dráhy obrobku za dobu záběru zubu. Posuv na otáčku  $f_n$  je délka dráhy obrobku za dobu jedné otáčky nástroje.

$$f_n = f_z \cdot z \text{ [mm], kde}$$

$z$  – počet zubů (břitů) nástroje [-].

Vzorec pro výpočet **posuvové rychlosti**  $v_f$ :

$$V_f = f_n \cdot n = f_z \cdot z \cdot n \text{ [mm.min}^{-1}\text{]}, \text{ kde}$$

$n$  – otáčky nástroje [ $\text{min}^{-1}$ ].

Při nesousledném válcovém frézování se **tloušťka třísky**  $h_i$  mění od nulové hodnoty do maximální hodnoty a při sousledném od maxima po nulu (obr. 1a). Jmenovitá tloušťka třísky  $h_i$  je v libovolné fázi odřezání, kterou můžeme vyjádřit následujícím vztahem.

$$h_i = f(\varphi_i) = f_z \cdot \sin \varphi_i \text{ [mm]}, \text{ kde}$$

$f_z$  – posuv na zub [mm],

$\varphi_i$  – úhel posuvového pohybu [ $^\circ$ ].

**Úhel posuvového pohybu**  $\varphi_i$  se mění nejen v závislosti na poloze řešeného zubu, ale u fréz se zuby ve šroubovici nebo zuby šikmými. V neposlední řadě nesmíme také zapomenout podél příslušného ostří. Označení jmenovitého průřezu třísky pro polohu frézy  $i$  je  $A_{Di}$ . Pro poměry naznačeného v obrázku 1.5 se vypočítá ze vztahu:

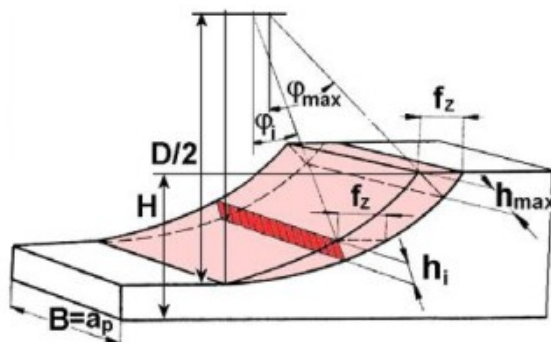
$$A_{Di} = a_p \cdot h_i = a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_i \text{ [mm]}, \text{ kde}$$

$a_p$  – hloubka řezu [mm].

Pokud  $\varphi_i = \varphi_{\max}$ , potom maximální velikost jmenovitého průřezu třísky bude:

$$A_{dmax} = a_p \cdot h_{\max} = a_p \cdot f_z \cdot \sin \varphi_{\max} \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\sin \varphi_{\max} = \frac{2}{D} \sqrt{D \cdot H - H^2} \text{ [1]}$$



Obr. 1.5 průřez třísky při válcovém frézování



## 1.4 Silové poměry při frézování.

Jednotlivé zuby frézy, které jsou v záběru při procesu frézování, odebírají odlišně velký průřez třísky, tudíž i řezná síla připadající na jeden zub je také odlišně velká. Síla výsledná pak závisí na počtu zubů v záběru, na okamžité poloze zubu frézy vzhledem k obrobku.

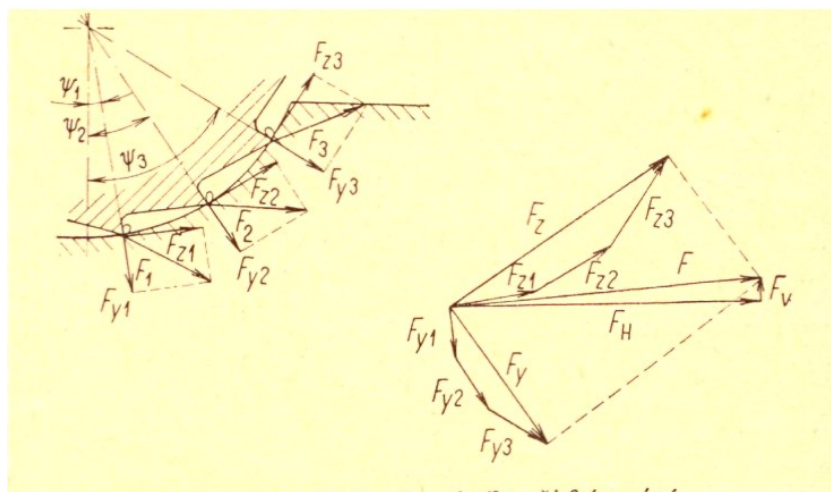
Při válcovém frézování se rozkládá výsledná síla  $F$ , která působí na nástroj do složek  $F_z$  a  $F_y$  a nesmíme také zapomenout horizontální složku  $F_H$  a vertikální  $F_V$  (obr. 1.6). Na jednotlivých zubech je dána složkami  $F_{zi}$ . Tato složka ovlivňuje velikost krouticího momentu, složky  $F_{yi}$  a  $F_{vi}$  zatěžují nástroj a obrobek. Pro velikost tangenciální síly  $F_z$  působící na jeden zub platí: [2]

$$F_z = pS = pBs_z \cdot \sin\varphi, \text{ kde}$$

$p$  – měrný řezný odpor,

$s$  – průřez třísky,

$B$  – šířka frézování.



Obr 1.6 Silové poměry při frézování

## 2. Technologie frézování forem

Obrábění forem a zápusťek představuje jeden z nejdůležitějších odvětví obrábění. Tato část se zabývá zásadami a doporučeními z hlediska volby frézovacích strategií při výrobě forem a zápusťek z materiálu s vyšší pevností.

Díky dalšímu rozvoji nových progresivních technologií, jako například HSC (high speed cutting), suchém a tvrdém obrábění se otevírají další nové možnosti v odvětví frézování forem. Výrobní řetězec, který zahrnuje tradiční výrobu fyzického modelu, hrubování před tepelným zpracováním, tepelná zpracování, výroba elektrod, etapa skládající se z elektroeroze následně s manuálním dokončováním, již na dnešním trhu nemá velikou úspěšnost z důvodů nízké flexibility a větším požadavkům a nárokům výroby.

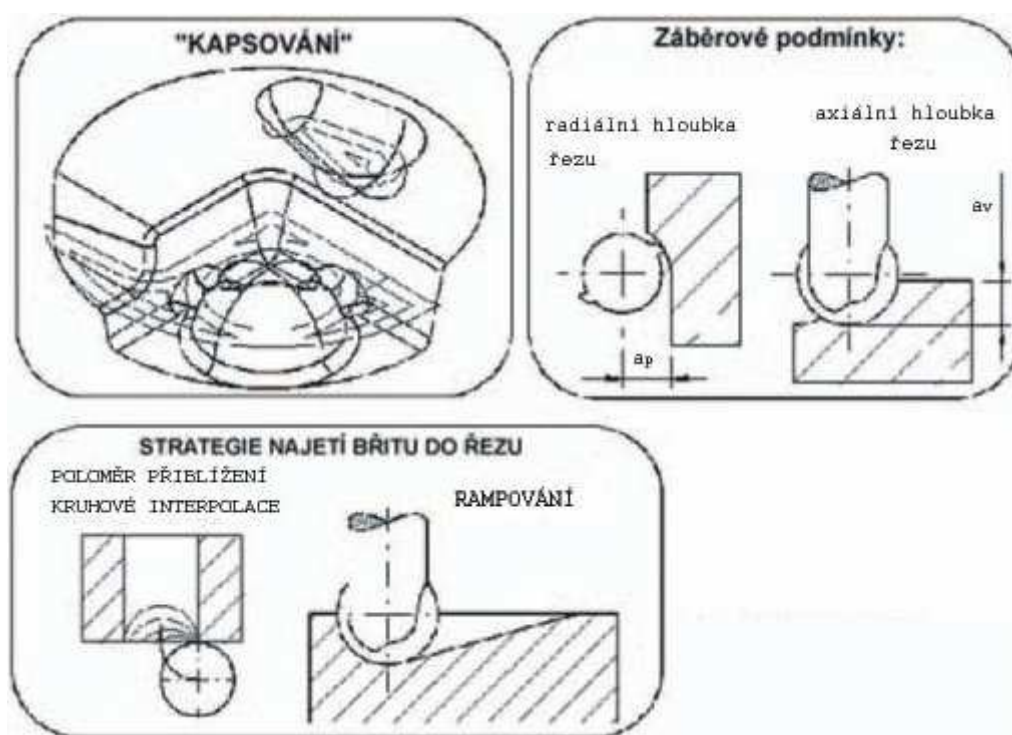
Nové technologie zkracují celý výrobní proces a sled výroby, protože vesměs celá výroba je navrhována a uskutečňovaná už od tepelně zpracovaného materiálu. Mezi velkou výhodou můžeme taky zařadit minimalizaci manuálního dokončování. Abychom mohli vysokorychlostní obrábění ekonomicky uplatňovat, musíme dodržovat technologické zásady a postupy. Musíme začít s vhodnou volbou řezných podmínek, volit vhodné obráběcí nástroje apod. V neposlední řadě nesmíme zapomenout na příhodnou volbu frézovacích strategií.

### 2.1 Hrubování

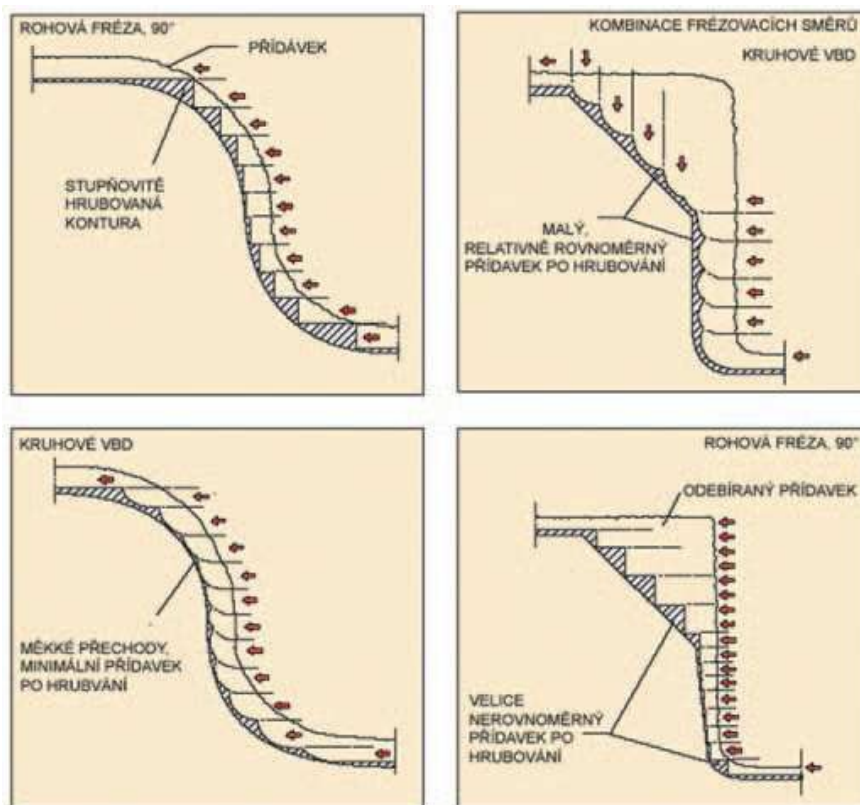
Účelem hrubování je hospodárně a co v nejkratším čase odebrat velký objem materiálu a přiblížit se ke kontuře a následně k dokončovací operaci. Při velké přesnosti u hrubování se v některých případech můžeme vyhnout předdokončovací operaci a výrazně omezit vlastní dokončování. Mnohdy se můžeme přiblížit cílovému tvaru pomocí nástroje, který má zaoblený tvar břitu, ovšem tato výhoda je těžká na uhlídání procesního řízení z důvodu zajištění procesní spolehlivosti. Nejčastěji se hrubovací cyklus realizuje pomocí frézovacích hlav s VBD (vyměnitelnými břitovými destičkami). Z hlediska tvaru proti čtvercovým či kosočtvercovým VBD můžeme hovořit o špatném přizpůsobení cílové kontury, velké radiální síly. Tyto faktory mají velkou zásluhu na negativitě obrobeného povrchu. Při použití kruhových VBD můžeme hovořit o plynulejším záběru, lepší přiblížení ke kontuře. Velmi často se tyto destičky používají při víceosém obrábění složitých tvarových ploch (obr. 2.2).

Při vysokorychlostním obrábění se nejvíce osvědčilo tzv. kapsování (obr. 2.1), kde je kontura zhotovena ve spirálových drahách a můžeme zaručit rovnoběžné záběrové podmínky při dodržování technických postupů.

Pokud chceme odebírat materiál z rohu, musíme kromě strategie optimalizovat najetí bříty do řezu. Úspěšné najetí do řezu je odkázáno u otevřených kontur na nejvýhodnější poloměr přiblížení. U uzavřených kontur se do řezu najíždí tzv. plochým najetím pod určitým úhlem při velmi malém posuvu.



Obr. 2.1 Kapsování, záběrové podmínky, najetí do řezu



Obr. 2.2 Příklady hrubovacích strategií

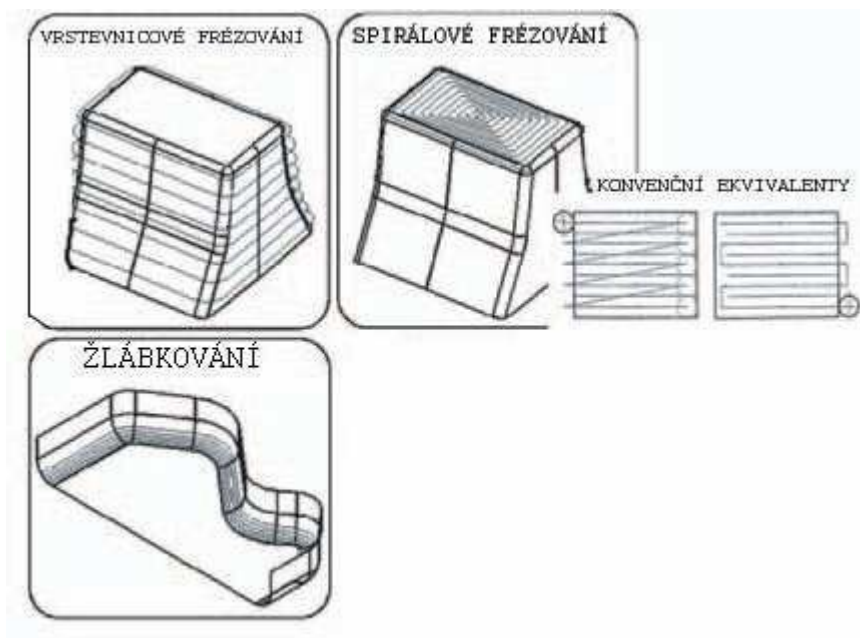
## 2.2 Obrábění na čisto

K optimalizaci frézování bylo vynalezeno velké množství frézovacích strategií, které jsou voleny na příslušné topografii obráběné plochy (obr. 2.3). Nejprve se obrábí plochy přechodové a po té plochy navazující od nich v kolmém směru nahoru, nejčastěji vrstevnicovým způsobem. Mohou být také obráběny plochy ve směru vrstevnic, čímž je zajištěno zachování kontinuální dráhy nástroje bez krajních změn směru a s konstantními záběrovými podmínkami. Pro jednotlivé plochy, či soubory ploch, jejichž sklon je velice malý je vhodnější použít spirálového obrábění. Nevhodná je prudká změna směru pohybu nástroje a záběrových podmínek.

Na úkor těchto strategií je zapotřebí použití tzv. NC funkcí k frézování velmi složitých, špatně obrobitelných oblastí, jako může být např. vnitřní rohy nebo úzké hluboké dutiny. Pokud je možno použití velkých nástrojů na obrábění velkých forem, můžeme takto dosáhnout krátkých strojních časů při velmi dobré trvanlivosti bříty nástroje.

Jedna z dalších zásad pro frézování šikmých ploch, kdy není možno použít strategii již zmiňované je možno využít co nejvyšší řezné rychlosti na nástroji, kterou dosáhneme správnou orientací směru pohybu nástroje vůči sklonu stěny formy nebo

zápustky. Nesmíme teda zapomenout naprogramovat pohyb nástroje tak, aby odebíral co největší část materiálu nástrojem. V dnešní době můžeme takovému problému předejít vícerym obráběcím centrem, konkrétně pětioké řízení s naklápěním nástroje.



Obr. 2.3 frézovací strategie při obrábění na čisto

## 2.3 Obrábění rohů

Při obrábění rohů se často můžeme setkat s lineárním pohybem nástroje, ale tento způsob se děje pouze při nerovnoměrných záběrových podmínkách. Daleko častější je použití nástroje, jehož průměr odpovídá požadovanému rádiusu obráběného rohu. Musíme počítat při takové operaci s komplikacemi. Při lineárním pohybu nástroje musí dojít ke chvilkovému zastavení pohybu kvůli změně posuvu, otáčky se zachovávají. Takové zastavení přináší s sebou velké tepelné tření a může dojít k vibracím. Zapříčiněním vibrací může dojít k poškození nástroje, či obráběné plochy. Pokud použijeme nástroj se stejným poloměrem jako obráběný roh, dochází také k extrémním záběrovým podmínkám oproti rovinným plochám zhotoveného dílu, tímto je zapříčiněno neúměrné namáhání nástroje. Pokud bychom zašli až do krajních mezí, mohlo by dojít k lomu nástroje.

Velice jednoduché řešení spočívá ve zvolení nástroje, který má menší průměr než rádius rohu obrobku. Můžeme využívat kruhové interpolace a předejít zlomovému bodu zastavení nástroje. Jedna z dalších možných alternativ je také axiální frézování.

## 2.4 Najíždění a vyjíždění břitu nástroje z řezu

### Obvodové najíždění do řezu

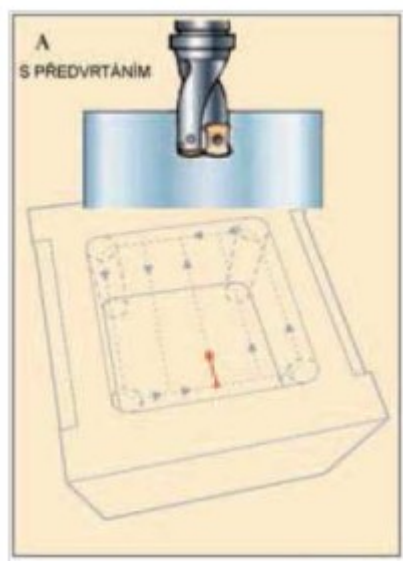
Při každém záběru břitu frézy v závislosti na obráběném materiálu dochází k šokovému zatížení. Kontakt mezi obrobkem a břitem může velice ovlivnit proces odebrání třísky, ba i dokonce porušení břitu. Nejlepší bod záběru je střed destičky respektive plocha čela, toto je ovlivněno radiální hloubkou řezu.

### Obvodové vyjíždění z řezu

Velmi podivuhodná se zdá skutečnost, že VBD při vyjíždění z řezu je namáhána. Pokud se jedná o tlak, je břitová destička velmi odolná, ale pokud přijde na řadu tah, či ohyb mohlo by dojít k překročení mezní hodnoty a porušení břitové destičky. Rozhodující faktor je hloubka řezu.

### Čelní najíždění do řezu

Velice hojně používaná metoda je předvrtání otvoru na požadovanou hloubku dutiny. Dále pak přichází na řadu klasická fréza s vyměnitelnými břitovými destičkami, která při konstantní souřadnici Z provede předfrézování dané kontury. Nástroj musí překonávat velké množství neodvedených třísek a důsledkem je opotřebení nástroje. V místě řezu je výskyt tepla, což by mohlo mít dopad i na obrobený povrch (obr. 2.4a).



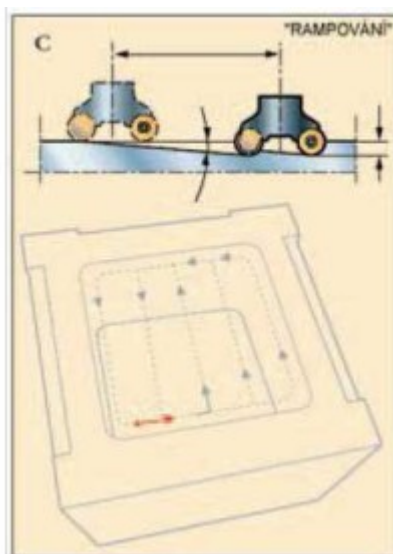
Obr. 2.4a předvrtání otvoru

U použití kulových nástrojů pro zavrtávací frézování na danou souřadnici Z, se nedoporučuje časté vyjíždění z řezu s ohledem na odstranění třísek. Tímto axiálním frézováním dochází ke komplikacím s odvodem třísky od středu nástroje. Proto se volí většinou najíždění šikmé s kruhovou interpolací na plnou hloubku záběru, ale nesmíme zapomenout na dobrý odvod třísky (obr 2.4b).



Obr. 2.4b frézování na danou souřadnici Z

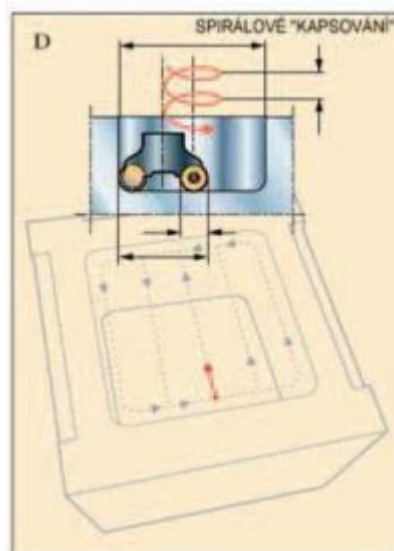
Jedna z nejlepších a nejpoužívanějších metod se považuje lineárně šikmé najíždění axiálního kroku na plnou hloubku prvního kroku. I při tomto způsobu obrábění dochází ke špatnému odvodu třísek. Radiální pohyb se děje společně s axiálním zajížděním do materiálu buď lineárně, či ještě lepší způsob je prostřednictvím kruhové interpolace, která se používá u HSC obrábění (obr. 2.4c).



Obr. 2.4c lineárně šikmé najíždění



Při použití fréz s vyměnitelnými břitovými destičkami je vhodné použití metody s kruhovou interpolací se spirálovým pohybem v axiálním směru (obr. 2.4d). [3]

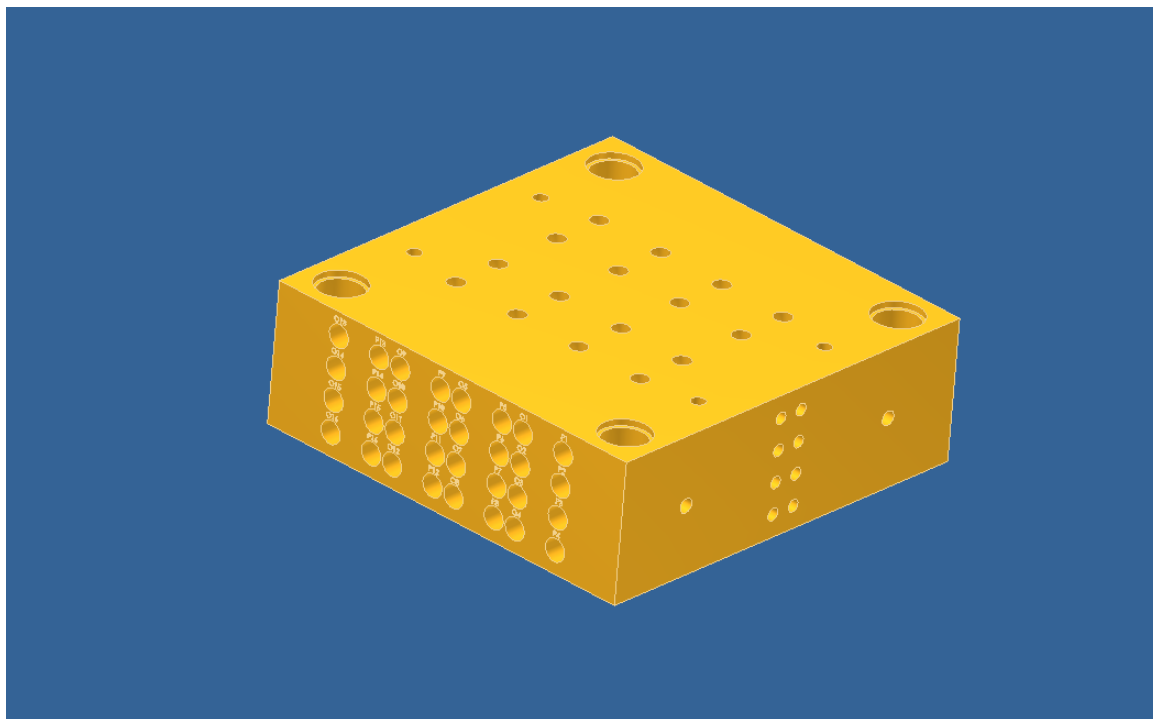


Obr. 2.4d kruhová interpolace s VBD



### 3. Stávající technologie výroby formy

#### 3.1 model – tvárnice



## 3.2 Výběr typového představitele

Výběr součástí pro bakalářskou práci byl zadán firmou Paňák a.s. Tato firma se zabývá velkou škálou výroby forem pro české i zahraniční strojírenské závody např. (ABB, BRANO, BEFRA ELECTRONIC). Kvůli velkému rozsahu výrobního programu je zvolena výroba tvárnice na zkumavky. Výroba zkumavek je časově i finančně velmi náročná záležitost, proto se vyplatí úspornost této části formy.

## 3.3 Popis součásti

Tvárnice, která firma Paňák a.s. vyrábí, je část z kompletní formy pro výrobu zkumavek. Polotovar je tyč čtvercového průřezu o rozměrech 145x405x405. Materiál součásti je 1.2714

## 3.4 Popis materiálu součásti

Nikl – chrom – molybden – vanadová ocel vhodná ke kalení. Nejvhodnější kalení probíhá v proudu vzduchu nebo v oleji. Velká prokalitelnost zaručena a následně po kalení vysoká garance tvrdosti. Mezi jednu z výhod tohoto materiálu se dá zařadit také výborná odolnost proti popouštění, velmi dobrá houževnatost, pevnost a stálost za tepla. Mezi další výhody, které jsou důležité, bychom mohli jmenovat je odolnost proti prudkým tepelným změnám a tepelné únavě. Ocel je dobře obrobitelná ve stavu žíhaném na měkko.

### 3.4.1 Vhodnost použití materiálu

Materiál má širokou škálu použití, ovšem vhodný je na nástroje, pro tváření za tepla, zápustky, formy s vysokou pevností. Můžeme také materiál použít pro práci za studena, například nože u stříhání za studena. Můžeme vyrábět velké tvárníky a tvárnice, tyto součásti můžeme kalit na vzduchu.[4]

### 3.4.2 Chemické složení materiálu

Tab. 1 Chemické složení oceli 1.2714

C [%]	Mn [%]	Si [%]	Cr [%]	W [%]	Mo [%]	Ni [%]	P [%]	S [%]
max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.	max.
0,60	0,95	0,40	1,20	0,12	0,55	1,80	0,03	0,03

### 3.4.3 Mechanické vlastnosti materiálu

- Mez pevnosti:  $R_m = 4\,100$  [Mpa]
- Mez kluzu:  $R_e = 2\,300$  [Mpa]
- Tvrdost:  $HRC = 57$
- Svařitelnost: dobrá

### 3.4.4 Technologické údaje

Tab. 2 Technologické údaje materiálu 1.2714

<b>Teploty tváření a tepelného zpracování</b>		
<b>ZPŮSOB</b>	<b>TEPLOTA [°C]</b>	<b>POSTUP</b>
Kování	850 - 1100	Ochlazování v suchém popelu, či jiném tepelně izolačním materiálu
Žihání na měkko	650 - 700	Prohřátí součásti závisí dle velikosti, většinou volíme délku prohřátí 4 hodiny a poté pomalu ochlazovat v peci
Žihání na snížení pnutí	600 – 650	1 – 2 hodiny nechat prohřát a potom pomalu ochlazovat v peci
Kalení na vzduchu	860 – 900	Použití pro členitější nástroje
Kalení v oleji	830 – 870	Ochlazování v oleji na teplotu 100 °C
Popouštění	450 - 650	Ochlazování se provádí na vzduchu, stupeň popouštění se řídí tvrdostí a houževnatostí materiálu, podle popouštěcího diagramu.

### 3.5 Stávající technologický postup výroby

Stávající technologický postup tvárnice jsem dostal přímo z výroby, probíhající v dílně firmy Paňák a.s. Před vznikem tvárnice proběhla spousta změn, než se dospělo k finální verzi tvárnice. Současně jsem také dostal z hlediska ekonomického všechny potřebné informace. Formulář pro technologický postup byl upraven pro použití na tuto bakalářskou práci. Dále bych chtěl zdůraznit, že přípravný čas u velkosériové výroby nemá cenu uvádět.

	1	Tvárnice	1/6 – 12 - 209	
Číslo výkresu	Počet kusů	Název součásti	Zakázkové – pořadové číslo	
Stávající technologický postup				
		1.2714	145x405x405	nařezáno
Vystavil	Datum	Druh materiálu	Rozměr	Poznámka

číslo op. úseku	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry (v, f, a)	Jedno tka času (min)
1	Frézování – hrubování 398x398x137	Fréza vertikální FA 4V	$v = 180 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 200 \text{ [m/min]}$ $n = 1000 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	20 min
2	Vrtat na požadovaný rozměr M 16 z boku	Radiální sloupová vrtačka VR2	$v = 7 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 0,01 \text{ [m/min]}$ $n = 450 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	10 min

3	Chlazení hotově M12x1,5, provedeno vyžihání + do Ø42H7 -Ø10	Radiální sloupová vrtačka VR2	$v = 8 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 0,03 \text{ [m/min]}$ $n = 450 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	8 min
4	Frézování na hotovo 134,5x396x396	Fréza vertikální FA 4V	$v = 38 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 250 \text{ [m/min]}$ $n = 1200 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	25 min
5	Ø48 do hloubky 6,5 + navrtání M16	CNC F2V-CNC-E	$v = 38 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 250 \text{ [m/min]}$ $n = 1200 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	10 min
6	M16 + M12 x 1,5 + označení okruhy z obou stran, sražení 1x45° po obvodu	Radiální sloupová vrtačka VR2	$v = 8 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 0,03 \text{ [m/min]}$ $n = 450 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	10 min
7	Žihání pro odstranění vnitřního pnutí	kalírna		
8	Vákuova pec, HRC 52	Pec		
9	Brousit na 134 mm	Bruska horizontální 3 G 71		

10	Elektroerozivní řezání Ø42H7 + 17,28 / 0,52°	Elektroerozivní hloubička  PENTA 640L		60 min	
11	Ruční práce, leštění, zátkování	mechanik			
Celkem				143 min	

Pozn.: Tento formulář, byl upraven pro použití bakalářské práce. [5]

### 3.6 Popis strojů stávající výroby

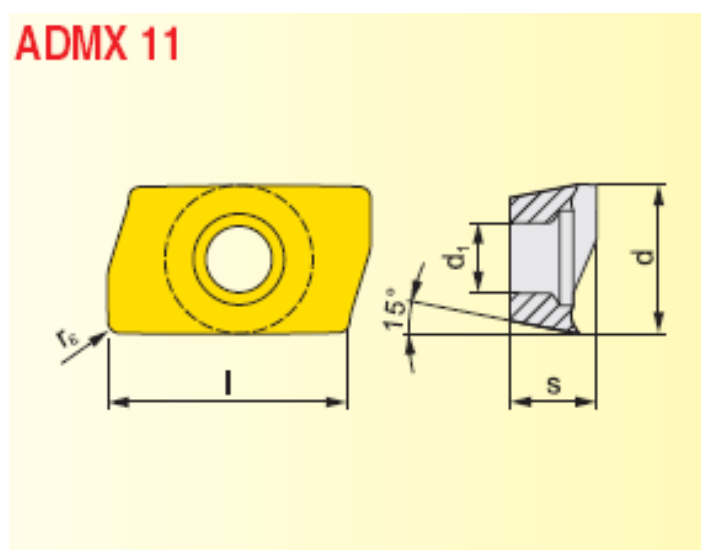
Momentálně probíhá výroba součásti na pěti strojích. Na vertikální frézce FA 4V, na radiální sloupové vrtačce VR2, dále CNC frézka F2V-CNC-E, na horizontální brusce 3 G 71 a v poslední řadě elektroerozivní hloubička PENTA 640L. Na vertikální frézce se frézuje rozměr 134,5x396x396, na radiální sloupové vrtačce vrtáme závit z boku tvárnice M16, M12x1,5, dále na CNC frézce průměr 48 a závity shora M16. Bruska horizontální má úkon brousit na požadovaný rozměr 134 mm a poslední stroj elektroerozivní hloubička hloubí přesný rozměr průměr 42H7, průměr 17,28 a úhel 0,52°. Pravda je, že některé stroje jsou již staršího data výroby a pro rozvoj firmy je třeba vlastnit stroje, které celou výrobu ulehčí a zmenší se finanční náklady.

### Závěr:

Z hlediska výroby je vidět, že některé stroje jsou již staršího data výroby, proto je potřeba větších nákladů na udržování a vkládání úsilí do současné výroby. Pro rozvoj firmy je třeba vlastnit stroje, které celou výrobu ulehčí a zmenší se finanční náklady. Zmírní se také nepřesnost výroby, protože dnešní stroje pracují s velmi vysokou přesností a produktivitou. Pravdou je to, že pořizovací cena nových strojů je velmi nákladná, ovšem když uvážíme 3 směnný provoz, doba návratnosti není až tak velká.

### 3.7 Popis nástrojů stávající výroby

Ve firmě Paňák a.s. se obrábí nástroji od firmy Pramet. Frézy mají vyměnitelné břitové destičky (obr. 3.1) tvaru kosodelníku. Vyměnitelné břitové destičky s PVD povlaky (více povlakované materiály PVD pro frézování obr. 3.2) mají největší výkonnost při frézování nástrojových, korozivzdorných ocelí, rychlost posuvu  $f = 0,25$  mm, u takového velkého posuvu se projevují kladné vlastnosti materiálu s PVD, nedochází k vymílání čela, velká odolnost proti otěru. Z těchto kritérií, můžeme vyhodnotit, že břitová destička je vhodná pro vyšší řezné rychlosti. Ba naopak není tato VBD vhodná na nižší řezné rychlosti než je  $f < 0,1$ . U menších rychlostí se projevuje menší ostrost břitu, nekvalitně obrobená plocha. Tyto všechny faktory jsou ovlivněny povlakováním PVD. [6]



ISO	ANSI	l (mm)	d (mm)	s (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	r (mm)	materiál	velikost
ADMX 11T308 PR-R	ADMX – (2,5) 2PR - R	11,00	6,53	3,97	2,90	0,40	8016	11T3

Obr. 3.1 vyměnitelná břitová destička

### 3.8 Řezné podmínky

## Pro jemné a dokončovací frézování

Řezná rychlost  $v_c = 700 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$

Hloubka řezu  $a_p = 0,1 - 0,3[\text{mm}]$

Posuv	$f_z = 0,05 - 0,2 \text{ [mm]}$
-------	---------------------------------

## Pro hrubovací frézování

Řezná rychlost  $v_c = 900 \text{ [m.min}^{-1}\text{]}$

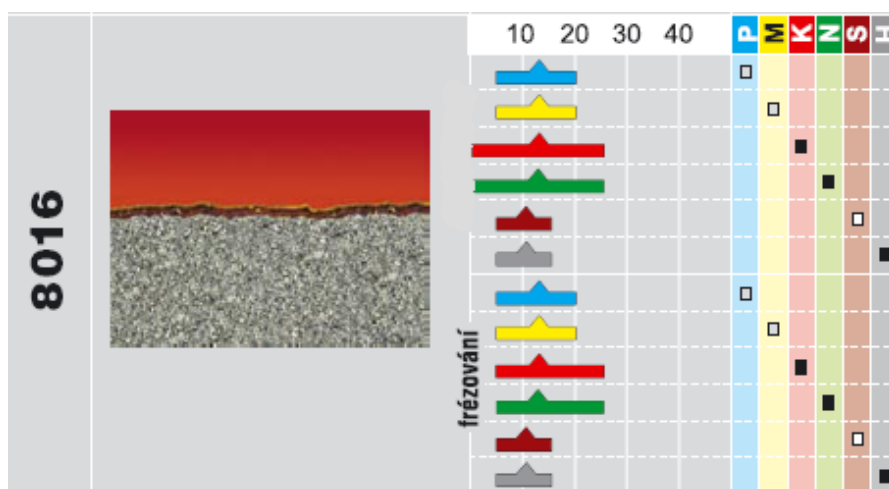
Hloubka řezu  $a_p = 4 - 8 \text{ [mm]}$

Posuv  $f_z = 0,1 - 0,4$  [mm]

# Povlakové materiály PVD pro frézování

## Material 8016

Takový materiál bývá častokrát charakterizován jako nejpoužívanější z číselné řady 8000. Materiál 8016 používáme na obrábění žáropevných, žáruvzdorných, nástrojových, ale také pro frézování litin a slitin Al a Cu. Pohybujeme se většinou v oblasti nižší až střední teploty obrábění. Výhodou tohoto materiálu je velký posuv a vysoké rychlosti obrábění. [7]



Obr. 3.2 Mikrostruktura, rozsah rychlostí a skupina obráběného materiálu 8016



## 4. Návrh nové technologie výroby formy

Z předchozích údajů a předchozí kapitoly, vyplývají nepříliš ekonomické výsledky výrobních strojů a zařízení ve výrobě tvárnice. Můžeme tedy říct, že cílem této bakalářské práce bylo zjednodušit a navrhnout novou technologii výroby tvárnice zkumavek. Nejprve se zkusíme zaměřit na modernizaci strojů, racionalizaci výroby tvárnice. Z hlediska modernizace strojů je možno navrhnout nové perspektivní obráběcí centra nebo případně udělat generální opravu starších strojů. Takto nastavené parametry se sklánějí ke dvěma kritériím:

1. Částečné využití technologie a stroje stávající výroby (generální oprava), plus částečné doplnění novou technologií a stroji.
2. Navrhnout novou technologii, nebrat ohled na starou, vhodné obráběcí centra, která usnadní výrobu, čas a náklady (CNC řídící stroje).

## 4.1 První varianta

První varianta návrhu nové technologie výroby tvárnice zkumavky bude spočívat v tom, že částečně zachováme používané stroje i technologii. Tato varianta bude mít větší podíl lidské práce, nižší produktivitu práce. V konečném výsledku by to mělo být znát na vyšších nákladech výroby s porovnáním s druhou variantou.

### 4.1.1 Volba obráběcího stroje

#### PRODUKČNÍ KONZOLOVÁ FRÉZKA FGV 32

Konzolová produkční frézka je velmi výkonná frézka se závislým vřetenem. Toto vřetenem je vhodně uloženo v naklápěcí vřetenové hlavě s výsuvnou pinolou. Uplatnění stroje je vhodné na široký rozsah frézovacích operací ve velkosériové a kusové výrobě. Velmi dobrý rozsah otáček a vřetena využívá ekonomické obrábění různých materiálů. Mezi přednosti stroje řadíme vysokou tuhost a geometrickou stálost, plynule nastavitelný rozsah ve třech osách, který nám zajistí frekvenční měnič. Kalené vodící plochy vhodné pro těžší obrobky, elektromotor 400 V/50 Hz. Centrální mazání, které je poháněno od elektromotoru. Při sousledném frézování je výhodou pokles konzoly. Elektropříslušenství se nachází v zadní části stroje. [8]

• Rozměr pracovní plochy	360 x 1400 mm
• Počet upínacích drážek	4
• Pracovní zdvih – podélný X	1000 mm
• Pracovní zdvih – příčný Y	300 mm
• Pracovní zdvih – svislý Z	420 mm
• Výkon motoru	5,5 kW

### 4.1.2 Technologický postup – první varianta

Tato první varianta má zařazenou stávající technologii, veškeré operace se zachovávají, kromě operace 1 a 4. Operace se odlišují pouze v typu stroje. Čas výroby se také zkrátí o poznání.

	1	Tvárnice	1/6 – 12 - 209	
Číslo výkresu	Počet kusů	Název součásti	Zakázkové – pořadové číslo	
Stávající technologický postup				
		1.2714	145x405x405	nařezáno
Vystavil	Datum	Druh materiálu	Rozměr	Poznámka

číslo op. úseku	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry (v, f, a)	Jedno tka času (min)
1	Frézování – hrubování 398x398x137	Produkční konzolová frézka FGV 32	$v = 180 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 200 \text{ [m/min]}$ $n = 1000 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	15 min
2	Vrtat na požadovaný rozměr M 16 z boku	Radiální sloupová vrtačka VR2	$v = 7 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 0,01 \text{ [m/min]}$ $n = 450 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	10 min
3	Chlazení hotově M12x1,5, provedeno vyžihání + do Ø42H7 -Ø10	Radiální sloupová vrtačka VR2	$v = 8 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 0,03 \text{ [m/min]}$ $n = 450 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	8 min

4	Frézování na hotovo 134,5x396x396	Produkční konzolová frézka FGV 32	$v = 38 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 250 \text{ [m/min]}$ $n = 1200 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	20 min
5	Ø48 do hloubky 6,5 + navrtání M16	CNC F2V-CNC-E	$v = 38 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 250 \text{ [m/min]}$ $n = 1200 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	10 min
6	M16 + M12 x 1,5 + označení okruhy z obou stran, sražení 1x45° po obvodu	Radiální sloupová vrtačka VR2	$v = 8 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}]$ $f = 0,03 \text{ [m/min]}$ $n = 450 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}]$	10 min
7	Žihání pro odstranění vnitřního pnutí	kalírna		
8	Vákuova pec, HRC 52	Pec		
9	Brousit na 134 mm	Bruska horizontální 3 G 71		
10	Elektroerozivní řezání Ø42H7 + 17,28 / 0,52°	Elektroerozivní hloubička PENTA 640L		60 min
11	Ruční práce, leštění, zátkování	mechanik		
Celkem				133 min

Pozn.: Tento formulář, byl upraven pro použití bakalářské práce.

## 4.2 Druhá varianta

U této varianty je cílem výměna všech strojů stávající výroby za stroje moderní, řízené počítačem tzv. CNC stroje. Musíme brát ohled také na to, že pořízení takových strojů je velmi nákladné. Náklady vložené do strojů se vrátí například tím, že bude využíván třísměnný provoz, zvýší se produktivita výroby a zmírní se namáhavost lidské práce. Pokud tyto všechny faktory sečteme dohromady, dostaneme se na nižší náklady na výrobu.

### 4.2.1 Volba obráběcího stroje

Volba obráběcího stroje spočívá v navržení výroby na jednom nebo dvou strojích, proto navrhujeme stroje z CNC řídicím systémem.

### CNC stroje

Dnešní kvalitní CNC stroje umožňují velký posun v programování, v automatizaci a vlastním programování. Spojováním technologií do jednoho stroje vzniká výrobní centrum, či spojování strojů do bloků. [5]

Povinnost strojírenství v ekonomice každého průmyslového státu je nezastupitelná. Na tomto strojírenském odvětví závisí veškeré další odvětví dané země. Když se podíváme na každý předmět, který se kolem vyskytuje, je na něm vidět, že byl obroben strojem např. (počítač, turbín, auto).

Úloha ve strojírenství není zrovna nejjednodušší, mimo jiné faktory je obráběcí stroj závislý na subdodávce z dalších oborů odvětví průmyslu. Automatizovaná výroba je jednou z nejdůležitějších cest jak udržet strojírenství daného státu, či podniku na vrcholu. Neustále jsou kladeny větší nároky na obráběcí stroje, na jejich přesnosti a kvalitu obrábění.

CNC stroje by měly pracovat bez obsluhy, což konvenční stroje nesplňují, proto jsou čím dál víc do výroby nasazovány bezobslužné stroje tzv. CNC stroje. Po prvním pořízení počítačem řízených strojů je možno přistoupit k druhému stupni výroby, a to je zakládání automatizovaných výrobních soustav.

Dále je pro počítačem řízené stroje typické, že ovládání funkcí stroje je řízeno řídicím systémem daného stroje. Takové stroje mohou snížit náklady nejen výrobní, ale i užitím nových konstrukčních rysů. Z takového hlediska můžeme vidět, že stroj pracuje spolehlivě a můžeme přistoupit na třisměnný provoz. V neposlední řadě nesmíme zapomenout rychlé seřízení, což se promítne v celoročních úsporách času.

Staré konvenční stroje jsou vystavovány čím dál větším požadavkům z hlediska ekologické stránky, numerické stroje jsou na tom o poznání lépe, veškerá chladicí kapalina je v koloběhu a nenastávají úniky kapalin. Toto přispívá ke snížení nákladů na likvidaci odpadů. [9]

#### **4.2.2 Současná obráběcí centra dle výrobců**

Dnešní obráběcí stroje jsou vysoce výkonná frézovací víceosá centra, která umožňují produktivní a velice přesnou výrobu. Nové technologie valivých vedení hrají velkou roli v dlouhodobé pracovní přesnosti a tuhosti vedení stroje. Mezi hlavní přednosti můžeme zařadit vysoké otáčky vřetena, velké rozměry pracovního stolu, po odejmutí bočních krytů schopnost obrábět delší součásti než je rozměr stolu. Součástí takových center je zásobník pro nástroje, velikost zásobníků se liší dle druhu stroje. Výměna nástroje je považována za velmi rychlou a automatickou funkci. Další z výhod je velmi vysoká tuhost stroje s velkou dynamickou a tepelnou stálostí. Vřetena strojů jsou poháněna pomocí servomotorů a jsou stavěna pro chlazení vnitřkem nástroje. Takové stroje v dnešní době ušetří spousty času a nákladů ve výrobě. Vhodnost použití takových obráběcích center je u velkosériové výroby, avšak u malosériové výroby také zkrátí čas a zlepší produktivitu práce. Třísky jsou z místa řezu odváděny malým množstvím chladicí kapaliny, nebo tlakem vzduchu. Tyto třísky jsou dopravovány pásem do zadní části stroje, kde se nachází box, kam třísky padají. Řídicí systémy se umísťují na otočný panel, který lze přesunovat po krytech stroje. Řídicí systém můžeme volit Fanuc, Heidenhein, Siemens s otáčkami 10 000 ot/min – 20 000 ot/min. [10]

## HSC Technologie

Technologie HSC přeloženo high speed cutting nebo také řečeno vysokorychlostní obrábění (obr. 4.1). Patří mezi technologie, které obrábí velkými rychlostmi. Jedna z výhod oproti obrábění s konvenčními stroji je, že řezná rychlost dosahuje 5 – 10x větších hodnot než při obrábění na jiných strojích. Teplota třísky při obrábění se blíží teplotě tání materiálu, což bývá od 600° C pro hliník až do 1500° C pro litinu. Při takovém vysokorychlostním obrábění mění materiál své vlastnosti. Tříska se zahřeje a zmenší přitlačnou sílu na čelo nástroje. Vzhledem k tomu, že tříska při takových rychlostech odlétává, nestačí teplo předat nástroji, ani obrobku. Z takového tvrzení můžeme usoudit, že vysoká teplota třísky je přínosným faktorem HSC obrábění. Taková technologie obrábění má spoustu výhod např.:

- Se zvyšujícími otáčkami se zvyšuje rychlost posuvu při stejném záběru.
- Vzhledem ke krátkému času záběru břitů je tříska drobná
- Teplota obrábění je odvedena třískou, teplo se nepřenáší na obrobek ani stroj
- Kvalitně obrobená plocha

Nesmíme také zapomenout na nevýhody, které jsou např.:

- Dostatečné odzkoušení pro všechny materiály
- Bezpečnost při obrábění (kolize nástroje) [11]



Obr. 4.1 HSC obrábění

### 4.2.3 Návrh CNC frézky

Dnešní obráběcí centra dovolují více operací najednou např. sloučit frézování, soustružení a svařování dohromady. Takový stroj je ovšem velmi nákladný. Pro výrobu tvárnice navrhují tento stroj, který frézuje, vrtá, vyvrtává, vystružuje, vyhrubuje a řeže závity na jednom stroji (obr. 4.2) [12]

#### MCVF 1065 CNC

Výkon motoru	W	10
Otáčky vřetena	ot/min	10000/12000
Výkon servomotoru	kW	11/15
XYZ rychloposuv	m/min	32
Zdvih osy X	mm	1000
Zdvih osy Y	mm	650
Zdvih osy Z	mm	550
Upínací plocha stolu	mm	1400x610
Nosnost stolu	kg	1580
Kapacita zásobníku nástrojů	ks	30
Čas výměny nástroje	s	2
Hmotnost	kg	12000

Tab. 4.1 vybrané parametry zvoleného stroje



Obr. 4.2 CNC frézka MCVF 1065 CNC



#### 4.2.4 Technologický postup – druhá varianta

Technologický postup, který je navrhován vyžaduje nákup nové moderní CNC frézky. Obráběné operace, které byly v předešlém postupu dělány na více strojích, budou obráběny na jednom stroji. Celkový čas by měl být nižší než u variant předešlých. Také odpadnou náklady na údržbu a obsluhu starých strojů.

	1	Tvárnice	1/6 – 12 - 209	
Číslo výkresu	Počet kusů	Název součásti	Zakázkové – pořadové číslo	
Stávající technologický postup				
		1.2714	145x405x405	nařezáno
Vystavil	Datum	Druh materiálu	Rozměr	Poznámka

číslo op. úseku	Popis práce	Stroj, nástroj, měřidlo, pomůcky	Řezné parametry (v, f, a)	Jedno tka času (min)
1	Frézování – hrubování 398x398x137	MCVF 1065 CNC	v = 200 [m • min <sup>-1</sup> ] f = 220 [m/min] n = 1000 [ot • min <sup>-1</sup> ]	10 min
2	Vrtat na požadovaný rozměr M 16 z boku	MCVF 1065 CNC	v = 800 [m • min <sup>-1</sup> ] f = 0,1 [m/min] n = 900 [ot • min <sup>-1</sup> ]	8 min
3	Chlazení hotově M12x1,5, provedeno vyžihání + do Ø42H7 -Ø10	MCVF 1065 CNC	v = 200 [m • min <sup>-1</sup> ] f = 0,1 [m/min] n = 900 [ot • min <sup>-1</sup> ]	6 min

4	Frézování na hotovo 134,5x396x396	MCVF 1065 CNC	$v = 150 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$ $f = 280 \text{ [m/min]}$ $n = 1200 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$	15 min
5	Ø48 do hloubky 6,5 + navrtání M16	MCVF 1065 CNC	$v = 38 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$ $f = 250 \text{ [m/min]}$ $n = 1200 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$	8 min
6	M16 + M12 x 1,5 + označení okruhy z obou stran, sražení 1x45° po obvodu	MCVF 1065 CNC	$v = 800 \text{ [m} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$ $f = 0,1 \text{ [m/min]}$ $n = 900 \text{ [ot} \cdot \text{min}^{-1}\text{]}$	8 min
7	Žihání pro odstranění vnitřního pnutí	kalírna		
8	Vákuova pec, HRC 52	Pec		
9	Brousit na 134 mm	Bruska horizontální 3 G 71		
10	Elektroerozivní řezání Ø42H7 + 17,28 / 0,52°	Elektroerozivní hloubička PENTA 640L		60 min
11	Ruční práce, leštění, zátkování	mechanik		
Celkem				115 min

Pozn.: Tento formulář, byl upraven pro použití bakalářské práce. [5]

## **5. Technicko – ekonomické zhodnocení**

### **5.1 Výrobní časy v technologických postupech**

V kolonce jednotka času jsou uvedeny časy v minutách pro každou operaci. U stávajícího technologického postupu byl čas získán na pracovištích ve firmě Paňák a.s. Druhá varianta navrhovaného technologického postupu jsme časy měřili odzkoušením na jiných pracovištích. Varianta druhá a poslední vznikla za pomoci podpory CAD/CAM systému, který veškeré potřebné informace vyhodnotí samo.

Výsledky, které byly získány z počítačové podpory, je zcela samozřejmé, že takové časy na pracovištích není možno dosáhnout, vše by muselo pracovat bezchybně, což není reálné. Taková výroby by musela být plně automatizována.

### **5.2 Výsledné porovnání se stávající a navrhovanou technologií**

Technologický postup stávající výroby probíhal na 5 strojích. Nejprve se frézovalo na hrubo na rozměr 398x398x137 na vertikální frézce FA 4V, dále na radiální sloupové vrtačce vrtány průměry 16 a 12 mm. Následně byl na CNC stroji frézován průměr 48 mm a navrtán průměr 16 mm. Na horizontální brusce se brousilo na požadovaný rozměr 134 mm. Jako poslední na řadu došla elektroerozivní hloubička PENTA 640L. U první varianty byla navržena konzolová frézka, ta mělo za příčinu snížit ztrátu času na pracovišti.

Druhou variantou bylo použití moderního obráběcího CNC centra MCVF 1065. Pomocí tohoto centra dojde ke sjednocení více operací na jeden stroj. Tím bude velká úspora času jak obrábění, tak času přenesení formy na jiné pracoviště.

### **5.3 Výsledné porovnání se stávající a navrhovanou technologií z ekonomického hlediska**

Kvůli zachování vnitřních tajemství firmy Paňák a.s. nebylo možno zjistit hodinovou sazbu v provozu firmy, proto se vychází z průměrné hodinové sazby v České Republice, která činí: 1 hodina práce + režijní náklady + materiál = 450 Kč

#### **Současná technologie**

Celkový čas obrábění je 143 min

Celková cena se všemi náklady je 50 000 Kč

#### **Navrhovaná technologie: druhá varianta**

Celkový čas obrábění = 115 min

Celková cena se všemi náklady je 43 000 Kč

Celkovou cenu ovlivňuje také konkurence na trhu a kurzy měn. Tudíž se může cena pohybovat v desítkách tisíc.

## 6. Závěr

Tato bakalářská práce měla jeden z hlavních cílů, a to navrhnout novou technologii výroby tvárnice na zkumavky pro firmu Paňák a.s. Jednou ze zásad řešení bylo napsání kapitoly o frézování forem, abychom se dostali do dané problematiky, rozbor stávající technologie výroby, dále navrhnout novou technologii a zvolit nové obráběcí stroje.

Pokud se podíváme na stránku ekonomickou, tak finančně méně nákladný byl technologický postup první varianty kvůli pořizovací ceně obráběcího stroje. Navrhovaný technologický postup firma zvažuje a po odzkoušení prvního kusu tvárnice bude zvažovat navrhovaný postup.

Pokud vezmeme v potaz druhou variantu technologického postupu, bude to provedení firmy velmi obtížné posouzení. Důvodem jsou velké pořizovací náklady za CNC frézku, která se pohybuje v řádech milionů. Výhodou je snížení pracovníků, ovšem druhá strana je nutnost třísměnného provozu, zaškolit kvalifikované pracovníky a přijmout nové programátory CNC obráběcích strojů.

Snahou firmy je snížit co nejvíce náklady, proto hodlá většinu svých postupů navrhnout znovu a tím zvýšit produktivitu práce. Takové náměty by se daly řešit dále na diplomové práci i s návrhem CNC technologických postupů pro firmu Paňák a.s.

## Použitá literatura

- [1] Josef Brychta, Robert Čep, Marek Sadílek, Lenka Petřkovská, Jana Nováková. Nové směry v progresivním obrábění Ostrava 2007. ISBN 978 – 248 – 1505 – 3
- [2] Miloslav Vinger, Zdeněk Příkryl a kolektiv. Technický průvodce svazek 61 Praha 1984
- [3] Pavel Šenkýř, trend vývoje obráběcích strojů. Vysoké učení technické v Brně 2008. Diplomová práce
- [4] <http://www.jkz.cz/cs/produkty/nastrojova-ocel-12714>
- [5] Veronika Kořínková. Návrh nové technologie výroby čepu v podmínkách DOOS s.r.o. Ostrava 2006. Bakalářská práce
- [6] <http://www.pramet.com/download/katalog/pdf/Milling%202012%20CZ%20prog.pdf>
- [7] Katalog řezných nástrojů firmy Pramet Tools s.r.o. frézky a frézovací nástroje
- [8] <http://stroje.bost.sk/uploaded/stroje/tosolomouc/0002-fgv32.pdf>
- [9] Jiří Marek, Oldřich učeň. CNC obráběcí stroje. Ostrava 2010. ISBN 978 – 80 – 248 – 2329 – 4
- [10] <http://www.fermatmachinery.com/cs/9-obrabeci-centra/95-mcvf-1065-cnc-mcvf-1275-cnc.html>
- [11] <http://technik.ihned.cz/c1-11353150-technologie-hsc>
- [12] <http://www.fermatmachinery.com/cs/9-obrabeci-centra/>

## **Poděkování**

Rád bych využil této příležitosti a vyjádřil poděkování panu Vilému Paňákovi z firmy Paňák a.s., který mi dal prostor a informace pro řešení bakalářské práce.

Dále bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Robertu Čepovi, Ph.D. za odborné rady a trpělivost.

## **Seznam příloh:**

Příloha č.1 Výrobní výkres tvárnice